

지리정보시스템을 이용한 낙동강 유역권의 광역환경분석*

정성관¹ · 박경훈²

Analysis of Regional Environment in the Nak-Dong River Watershed using Geographic Information System*

Sung-Kwan Jung¹ · Kyung-Hun Park²

요 약

최근 낙동강 유역권의 급격한 도시화 및 산업화로 인해 광역적인 환경문제를 초래하고 있는데, 이러한 관점에서 대규모의 공업단지조성 및 택지개발이 이루어진 낙동강 중·상류지역을 대상으로 유역환경에 영향을 미치는 변수를 선정할 후, 지리정보시스템과 다변량통계기법을 이용하여 공간 및 환경적 특성을 규명하고자 하였다. 유역환경변수에 의한 인자분석 결과, '도시적 오염인자', '농업적 오염인자', '공업적 오염인자'로 명명된 3개의 공통인자가 추출되었다. 공간적 분포패턴은 인자분석에 의해서 추출된 인자점수를 지리정보시스템을 이용하여 공간자료와 연계시킴으로써 그 특성을 효과적으로 규명할 수 있었다. 분석결과를 요약하면, 낙동강 수계에 직·간접적으로 영향을 미치는 오염원이 낙동강 본류와 주요 지류인 금호강 유역권에 집중적으로 분포하고 있어, 향후 낙동강 하류지역의 환경용량을 고려한 광역적인 관점에서의 유역환경관리가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

주요어: 낙동강, 유역권, 광역환경, 지리정보시스템, 인자분석

ABSTRACT

Recently urbanization and industrialization around the Nak-dong river watershed have lead to the regional environmental problems. In this viewpoint, we took up variables which were related to watershed environment, and found out spatial and environmental properties of the Nak-dong river using factor analysis, ANOVA test and geographic information system. The results may be summarized as follows; three common factors which were named as urban, agricultural and industrial pollutant factor extracted from statistical methods. Spatial distribution of watershed environment could be found by connection attributes of factor scores derived from factor analysis to digital map using GIS. According to the results, distribution of pollutant sources were concentrated in the main stream of the Nak-dong river and its tributaries, Kum-ho river. So it is necessary to manage the watershed environment in due consideration of environmental carrying capacity.

2000년 3월 30일 접수 Received on March 30, 2000

* 이 논문은 1998년도 경북대학교 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

1 경북대학교 조경학과 (sgjung@kyungpook.ac.kr) Dept. of Landscape Architecture, Kyungpook Nat'l University

2 경북대학교 대학원 조경학과 (landpkh@hanmail.net) Dept. of Landscape Architecture, Kyungpook Nat'l University

KEYWORDS: Nak-Dong River, Watershed, Regional Environment, GIS, Factor Analysis

서 론

물은 인간의 생명 유지뿐만 아니라 생활을 위해서도 필수 불가결한 물질로서, 인간을 포함한 모든 생물의 생체는 상당 부분이 물로 구성되어 있어서 물 없이는 생명을 유지할 수 없기 때문에, 물을 신성시하거나 물 자체를 생명과 동일시하는 사상이 전래되어 오고 있다(김규열, 1996).

또한, 하천 주변공간은 예로부터 취락입지로 선호되어 왔으며, 기원전 3000년경에 발달한 고대의 4대문명도 하천 주변에서 비롯되었는데, 이는 물을 구하기가 쉽고 토양이 비옥하여 농사 짓기에 알맞으며, 어로를 할 수 있어 식량자원이 다양하고, 물을 이용한 교통이 편리한 이점이 있기 때문이다. 더욱이 산업혁명 이후부터 도시의 급격한 성장으로 말미암아, 물의 수요가 급증함에 따라 하천은 도시의 중요한 입지적 요소가 되어왔다(손명원, 1998).

그러나, 최근 들어 급격한 도시화 및 산업화 양상으로 인해 유역권(watershed)을 중심으로 한 환경부하가 급증하게 되었는데, 우리나라 주요 4대 강 중의 하나인 낙동강도 영남지방의 식수 및 농업용수 그리고 공업용수로 공급되어 왔지만, 근래에는 공단폐수, 생활하수 및 축산폐수 등의 증가로 인하여 수질오염이 더욱 심화되고 있는 실정이다.

이에, 정부에서는 낙동강 유역권의 제반적인 환경문제를 해결하고자 사람과 자연이 공생하는 하천환경 조성 및 낙동강의 생명력 복원과 안전한 식수원으로서의 활용을 중점목표로 한 낙동강 물관리 종합대책안을 마련하고 있으나, 유역권을 하나의 공간개념으로 인식하는 광역적인 차원에서의 접근은 미흡한 실정이다(환경부, 1999).

반면, 미국 환경보호청(EPA: Environmental

Protection Agency)에서 구축한 유역환경관리 시스템은 도시와 농촌지역에 대한 자연 및 인문·사회환경의 제반적인 속성 및 공간정보를 지리정보시스템을 이용하여 구축하고 있다(Reimold, 1998; EPA, 1996). 이외에도 메콩강을 중심으로 유역 개발에 따른 환경영향평가를 체계적으로 실시하기 위한 전문가 시스템의 개발, 그리고 영국 테임즈강 유역의 수자원을 효율적으로 관리하기 위한 시스템이 구축되어 각종 공간계획 및 의사결정의 지원수단으로 적극 활용되어지고 있다.

국내의 경우는 한국수자원공사, 농어촌진흥공사, 시스템공학연구소 등에서 유역환경관리 시스템의 구축에 관한 연구개발을 추진하고 있는데, 특히 시스템공학연구소에서는 국가G-7과제의 일환으로 GIS를 이용하여 유역내 환경기초 시설 및 오염원에 관한 공간정보를 데이터베이스화하여 수질관리 및 평가시스템에 적극적으로 활용되도록 하였다(심순보와 김주훈, 1998).

이와 같이 수자원의 효율적인 관리를 위한 연구는 특정한 수질측정지점의 이화학적 성분에 초점을 두는 것이 아니라, 수계에 영향을 미치는 권역 즉, 유역권을 중심으로 한 광범위한 정보수집 및 지리정보체계를 이용한 시·공간적 데이터베이스의 구축이 활발히 이루어지고 있으나, 아직까지 낙동강 유역권에 대한 광역적 차원에서의 유역환경평가 및 지리·공간적 분포특성에 관한 연구는 미흡하게 이루어지고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 인구와 산업단지의 집중화에 따른 수자원 부족량과 하천 유지수의 부족현상이 심화되고 있는 낙동강 중·상류의 대구·경북권을 중심으로 수(水)환경에 영향을 미치는 인자를 점오염원과 비점오염원으로 대별하여 선정한 후, 대상지역의 구(區)·읍(邑)·면(面) 단위를 기준으로 1998년도에 작성

된 지역별 통계자료를 전산·입력하여 유역환경의 지역적 특성과 공간적 관련성을 파악하였다. 유역환경 변수의 재편성 및 환경적 특성 분석은 다변량통계기법을 적용하여 분석하였으며, 최종적으로 지리정보시스템을 이용하여 행정구역도와 연계함으로써, 향후 낙동강 유역권의 광역적 공간계획을 수립하는데 있어서 기초자료로 활용하고자 하였다.

성된 각 시·군의 통계연보와 환경부에서 제공한 각종 오염원 자료를 근거로 하였다. 또한 지리적 공간구조 및 상호관계성을 규명하기 위해서 인자분석과 분산분석을 적용하여 최초 12개 변수들의 재편성 및 환경구조를 해석하였다. 아울러 낙동강 유역의 환경구조와 공간적 분포특성을 규명하기 위해서 GIS를 이용하여 공간 데이터베이스화하였다.

연구내용 및 분석방법

1. 연구수행과정

본 연구는 낙동강 유역의 중·상류에 해당하는 대구·경북지역의 공간 및 환경적 특성을 평가함을 목적으로 하고 있으며, 전반적인 연구수행 과정은 그림 1과 같다.

낙동강 유역의 광역환경을 평가하기 위한 변수는 토지이용패턴에 따른 오염원, 즉 비점오염원과 생활하수, 산업폐수, 축산폐수 등과 같은 점오염원적인 요소를 고려하여 선정하였으며, 사용된 자료는 1998년도를 기준으로 작

2. 조사 및 분석과정

낙동강 유역은 안동, 구미, 대구, 부산 등 대도시의 생활권으로서, 낙동강의 본류 또는 지류에 축조된 안동댐, 임하댐, 합천댐, 하구언 등의 다목적 댐으로부터 전력, 생활용수, 농업용수, 공업용수 등이 낙동강 유역에 공급되고 있다. 낙동강의 유역면적은 전 국토의 약 33% 이고, 유역권내에 거주하는 인구수는 전 국민의 약 20% 정도로 낙동강은 영남지방의 젖줄과 같은 역할을 하고 있다(김형석, 1998). 본 연구의 대상지는 그림 2와 같이 낙동강 유역의 중·상류에 해당하는 대구·경북지역의 20

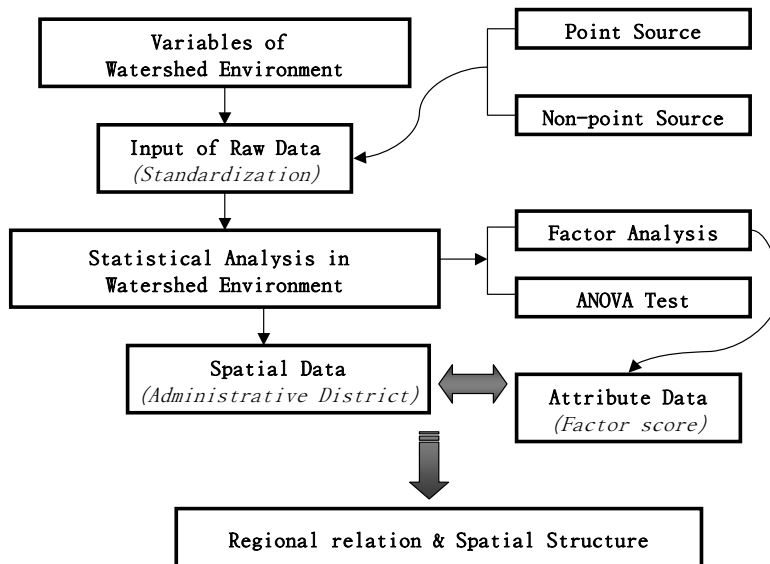


FIGURE 1. Process for the evaluation of watershed environment in the Nak-dong river

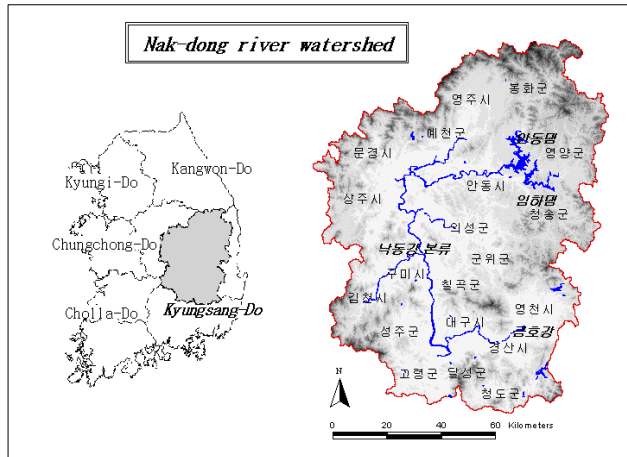


FIGURE 2. Location of the Nak-dong river watershed

개 시·군을 대상으로 하였는데, 달성군을 제외한 대구시의 경우는 구(區)단위를 기준으로 하고, 나머지 지역은 도·농통합전의 시(市)지역과 읍(鎭)·면(面)단위를 행정구역상의 공간적 범위로 하여 연구를 수행하였다.

변수선정은 표 1과 같이 점오염원과 비점오염원에 관련된 항목을 토대로 하여 총 12개를 선정하였다. 항목별 속성자료는 1998년에

작성된 통계자료를 중심으로 입력한 후, 대상지간의 상이한 공간규모로 인한 자료해석의 오류를 제거함과 동시에 선정된 변수간의 상대적인 비교를 위해서 최초에 입력된 원자료를 인구당, 혹은 면적당으로 가공, 변환하였으며, 최종적으로 Z-score에 의한 자료의 표준화를 실시하여 변수상호간의 비교가 가능하도록 하였다(성현찬, 1995).

TABLE 1. List of variables for explaining watershed environment

Variables	Equations
Residential area	Residential area/total area×100(%)
Road area	Road area/total area×100(%)
Population density	Total population/total area(km ²)
Outbreak of BOD	Outbreak of BOD/total area(km ²)
Outbreak of livestock farming wastewater	Outbreak of livestock farming wastewater/total area(km ²)
Paddy field area	Paddy field area/total area×100(%)
Cattle household	Cattle household/total area(km ²)
Pig household	Pig household/total area(km ²)
Ordinary field area	Ordinary field area/total area×100(%)
Outbreak of Industrial wastewater	Outbreak of Industrial wastewater/total area(km ²)
Factorial site area	Factorial site area/total area×100(%)
Number of water pollution discharge facility	Number of water pollution discharge facility/total area(km ²)

낙동강 유역권의 환경적 특성은 선정된 12개 변수를 windows용 SPSS 9.0을 이용한 인자분석을 통해서 규명하였으며, 공통인자는 주성분 방식을 적용하여 고유치(eigenvalue)가 1.0 이상인 인자만을 선정하였다. 또한 인자구조의 명확화를 위해서 직각회전중 varimax법을 이용하여 인자회전을 시킨 후, 각 변수들의 인자부하량을 감안하여 적절하게 명명하였다(이희연, 1989).

최종적으로 각 지역별 인자점수는 행정구역도와 연계시켜 공간자료화함으로써, 유역환경의 공간적 분포패턴을 효율적으로 규명할 수 있었다.

결과 및 고찰

1. 인자분석에 의한 환경특성 분석

낙동강 유역권의 환경해석을 위해서 선정된 12개 변수들간의 상관관계를 표 2에서 살펴보면, 변수 X3(도로면적율)과 X4(대지면적율)의 상관계수는 0.945로 매우 강한 정(+)의 상관관계를 가지는 반면, 변수 X1(밭면적율)과 X3(도로면적율)의 상관계수는 -0.003으로 대단

히 약한 상관관계를 가지고 있는데, 이와 같이 일부 변수들 간에 적절히 높고 낮은 상관관계가 있어야 공통인자를 추출할 수 있다(이희연, 1989; 정충영과 최이규, 1996).

인자분석모형 적용의 적합성을 결정하는 검증값은 KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)측도값과 Bartlett 구상검정치인데, 먼저 KMO측도는 변수 쌍들간의 상관관계가 다른 변수에 의해 설명되는 정도를 나타내 주는 값이며, Bartlett 검정치는 상관관계행렬이 단위행렬이란 귀무가설을 검증하기 위한 것이다(노형진, 1999). 이를 근거로 인자분석의 적용가능성을 검증한 결과, 표 2에서와 같이 KMO 측도값은 0.698로 인자분석에 적당한 수준을 나타내고 있으며, Bartlett 검정치는 4182.640이고, 이 값은 유의수준이 1%내에서 변수간의 상관관계가 단위행렬이라는 귀무가설이 기각되기 때문에 인자분석에 의해 공통인자를 추출할 수 있음을 알 수 있었다.

12개 변수들의 인자별 특성을 규명하기 위해서 인자분석을 실시한 결과, 표 3과 같이 총 3개의 공통인자가 추출되었는데, 이는 총분산

TABLE 2. Correlation matrix of variables for n = 214 sites

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X1	1.000											
X2	.508	1.000										
X3	-.003	.125	1.000									
X4	-.142	-.063	.945	1.000								
X5	-.040	.036	.569	.425	1.000							
X6	.388	.616	.070	-.040	-.036	1.000						
X7	.303	.334	.046	-.016	.063	.219	1.000					
X8	-.087	-.086	.545	.448	.749	-.074	-.035	1.000				
X9	-.099	-.067	.724	.633	.869	-.069	.006	.930	1.000			
X10	-.187	-.145	.912	.937	.597	-.103	-.052	.687	.832	1.000		
X11	.436	.582	.077	-.032	.027	.731	.800	-.066	-.033	-.094	1.000	
X12	-.073	.019	.918	.881	.704	.040	.015	.750	.880	.954	.039	1.000

* Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy = **0.698**

* Bartlett's Test of Sphericity = **4182.640** * Sig. = 0.000

X1: 밭면적율, X2: 논면적율, X3: 도로면적율, X4: 대지면적율, X5: 공장용지면적율, X6: 소사육두수, X7: 돼지사육두수,

X8: 산업폐수발생량, X9: 수질오염배출요소수, X10: 인구밀도, X11: 축산폐수발생량, X12: BOD발생량

량의 80% 정도를 설명하고 있다. 먼저, Factor I은 고유치가 3.691이면서 총분산량의 30.76%를 설명하고, 인자부하량은 돼지사육두수와 발면적율을 제외한 나머지 변수에서 (+)값을 나타내고 있는데, 특히 대지면적율, 도로면적율, 인구밀도, BOD 발생량은 다른 변수에 비해서 높은 (+)부하량을 보이고 있어, Factor I은 과밀한 인구집중에 따른 도시화 정도가 환경특성에 영향을 미치는 것으로 판단하여 '도시적 오염인자'로 명명하였다.

Factor II는 축산폐수발생량, 논면적율, 소사육두수, 돼지사육두수 등의 순으로 (+) 부하량을 보이며, 고유치가 3.048이고 총분산량의 25.40%를 설명하고 있다. 또한 농·축산업으로 인해서 발생하는 비점오염원적 요인과 가축사육에 따른 축산폐수의 발생이 유역권의 환경구조에 반영되고 있기 때문에 '농업적 오염인자'로 명명하였다.

다음으로, Factor III은 산업폐수발생량, 공장용지면적율, 수질오염배출업소수에 가장 높은 부하량을 보이고 있으며, 고유치는 2.933이고 전체 분산량의 24.4% 정도를 설명하는 것으로 나타났다. 적재된 인자부하량을 기준으로 Factor

III의 구조를 살펴보면, 전반적으로 산업화 정도에 따른 유역권의 환경특성이 반영되고 있기 때문에 '공업적 오염인자'로 명명하였다.

2. 환경특성별 분포패턴 분석

대지면적율, 인구밀도, 도로면적율 등의 '도시적 오염인자'에 높은 부하량을 갖는 Factor I의 공간구조는 그림 3을 통해서 규명할 수 있는데, 먼저, 인자점수가 0.994 이상으로 도시적 오염인자가 가장 뚜렷하게 반영된 대구광역시와 경산시, 영천시의 동(洞)지역은 금호강을 중심으로 성장한 도시로서, 밀집된 주거형태와 각종 경제활동 등으로 인한 오염물질의 발생과 건물, 도로 등의 불투수성 표면의 증가에 따른 강우유출수의 지하침투 감소, 그리고 표면유출량의 증가에 따른 오염물의 유출이 촉진되어 비점오염원의 유출율이 다른 토지이용형태에 비해서 월등히 높다고 할 수 있다(최지용과 신은성, 1997). 다음으로 인자점수 -0.002~0.994의 값을 가지는 지역은 상주시, 영천시, 문경시 등의 면(面)지역과 대구광역시에 인접한 달성군, 고령군 등으로 향후 기성시가지의 확산과 2·3차 산업의 경제구조 변화로 인하여 도시지향적 기능의 입

TABLE 3. Varimax-rotated factor analysis of watershed environmental variables

Variables	Factor loading			Communalities
	Factor I	Factor II	Factor III	
Residential area	.966	-.065	.178	.970
Road area	.921	.097	.317	.959
Population density	.868	-.137	.448	.973
Outbreak of BOD	.820	.029	.549	.975
livestock farming wastewater	.001	.929	.022	.864
Paddy field area	.053	.793	-.081	.639
Cattle household	.109	.778	-.150	.640
Pig household	-.097	.689	.157	.509
Ordinary field area	-.107	.657	-.021	.443
Industrial wastewater	.324	-.074	.875	.876
Factorial site area	.286	.042	.871	.842
water pollution discharge facility	.509	-.047	.849	.982
Eigenvalues	3.691	3.048	2.933	
Percent total variance	30.76	25.40	24.44	

지로 변모할 가능성이 있어 환경용량과 수문상황을 고려한 공간계획이 수립되어야 할 것으로 판단된다.

반면, 인자점수가 -0.999 이하인 영양군, 청송군, 봉화군 등은 도시화에 따른 각종 오염원의 발생이 가장 적은 농촌지역으로 대부분이 낙동강 본류와 상당한 이격거리를 가지는 낙동강 지류 및 소하천의 유역권에 분포하는 것으로 분석되었다.

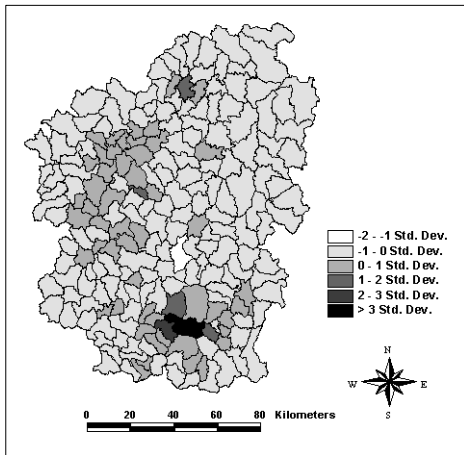


FIGURE 3. Spatial distribution of urban pollutant factor

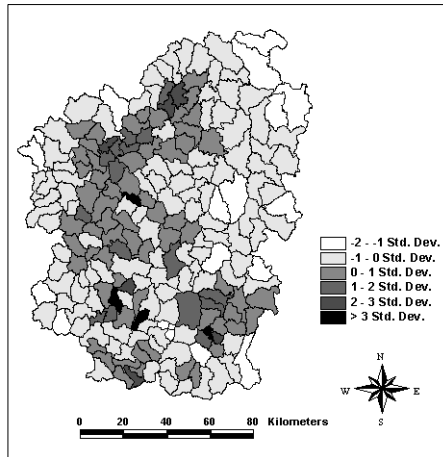


FIGURE 4. Spatial distribution of agricultural pollutant factor

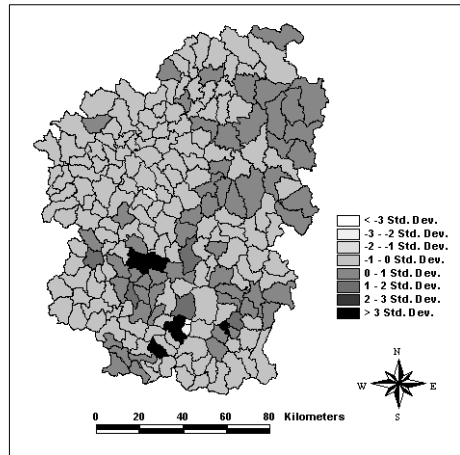


FIGURE 5. Spatial distribution of industrial pollutant factor

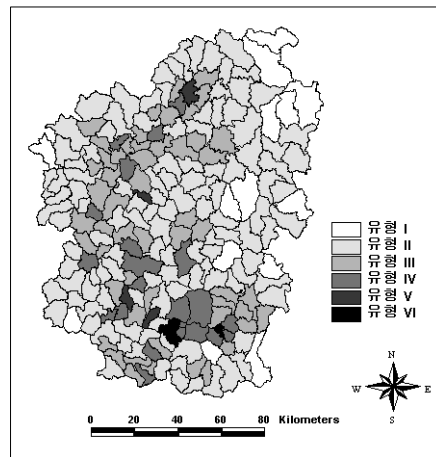


FIGURE 6. Spatial distribution of synthetic watershed environment

농업적 특성을 내포하고 있는 Factor II는 논·밭의 면적율과 소·돼지의 가축사육두수와 이에 따른 축산폐수의 발생량이 반영된 ‘농업적 오염인자’로서 그림 4에서 공간적 분포특성을 살펴보면, 인자점수가 2.911 이상인 금호강 유역권의 경산시 압량면과 낙동강 본류의 성주군 월항면 등으로 축산폐수의 발생과 농업중심의 경제구조에 따른 농약 및 비료사용이 타지역에 비해서 매우 높다고 할 수 있다.

인자점수가 0.959~1.935인 지역은 도시 및 농촌적 오염인자가 혼재된 양상을 보이고 있는 김천시, 경산시, 상주시 등의 도농통합시와 고령군, 성주군, 달성군 등으로 유역환경의 효율적 관리를 위해 농업 비점오염원의 확인, 농업적 토지이용과 농촌적 특성을 고려한 비점오염원 부하량의 합리적인 조사, 그리고 오염 부하량의 절감을 위한 효율적인 기술 및 정책의 개발 등이 이루어져야 할 것으로 판단된다(최지용과 신은성, 1998).

산업폐수발생량, 공장용지면적율, 수질오염 배출업소수 등의 '공업적 오염인자'를 반영하고 있는 Factor III의 공간적 분포패턴을 그림 5에서 살펴보면, 먼저 인자점수 2.933 이상의 대구시 달서구와 서구는 섬유 및 기계를 주력업종으로 하는 공업단지가 양립된 지역으로 낙동강 분류와 금호강의 합류지점에 오염인자가 집중적으로 분포하고 있어, 낙동강 분류의 수질악화에 많은 영향을 미칠 것으로 판단된다. 다음으로 0.999~2.933의 인자점수를 보이는 경산시 압량면, 달성군 논공읍 그리고 도농통합전의 구미시 등은 급격한 산업화로 인한 수질악화가 문제시되고 있는데, 최근에는 대도시 중심의 경제개발정책에서 지역간의 불균형 완화의 일환으로 시행된 농공단지조성사업으로 인해 낙동강 하류지역의 오염원이 가중되고 있는 실정이다.

3. 환경특성의 종합적 해석

인자분석을 통해서 추출된 공통인자, 즉 '도시적 오염인자', '농업적 오염인자', '공업적 오염인자'에 대한 각각의 인자점수를 합산하여 낙동강 유역권의 종합적 환경특성을 도식화한 결과는 그림 6과 같다. 대상지의 구, 면단위 기준의 속성값을 평균값과 표준편차를 이용하여 전체 6개 유형으로 구분하였는데, 이를 표준화된 12개 유역환경 변수와 상호 비교·분석하기 위해서 표 4와 같이 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 각 변수와 유형간에는 유의

수준 1% 내에서 통계적 차이가 있는 것으로 분석되었다.

낙동강 유역권의 14개 지역을 포함하고 있는 유형 I은 그림 7에서와 같이 표준화된 변수들의 평균값이 전체적으로 (-) 값을 보이고 있는데, 이는 인자분석을 통해서 추출된 3개의 공통인자와 유형구분 결과와의 관계성을 나타낸 그림 8과 유사한 패턴을 가지는 것으로 분석되었다. 공간적 분포특성은 김천시 증산면, 경산시 남천면 등과 낙동강 상류지역인 봉화군과 영양군 등으로 유역환경에 미치는 오염원이 전반적으로 적은 지역으로서 농촌적 공간구조를 가장 뚜렷하게 내포하고 있다고 할 수 있다.

낙동강 유역권의 117개 지역을 포함하고 있는 유형 II은 각종 오염인자가 다른 지역에 비해서 비교적 적게 분포하고 있으며, 유역환경의 효율적인 관리를 위해 수질오염에 직접적인 영향을 미치는 생활하수, 공장폐수 그리고 축산폐수와 같은 점오염원적 요인보다는 토지이용에 따른 비점오염원적 요인으로 인한 오염정도를 지속적으로 모니터링할 필요성이 있을 것으로 사료된다. 유형 III은 변수 농업적 오염인자와 관련된 변수 X5~X9이 전반적으로 (+)값을 보이는 김천시, 경산시, 안동시 등의 면(面)단위 지역으로, 가축사육으로 인한 축산폐수의 발생과 농업활동에 따른 비료 및 농약사용량의 증가 등이 환경에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

12개 변수들이 전체적으로 정(+)적인 관계를 가지는 유형 IV는 변수 X1(대지면적율)과 X2(도로면적율) 등의 도시적 오염인자와 농업적 오염인자(X5~X9)에 해당하는 변수에서 전반적으로 높은 값을 보이며, 분포양상은 그림 6과 같이 김천시와 경산시의 동(洞)지역을 비롯한 대구시 중구, 동구, 남구, 그리고 달성군 논공읍과 구지면 등으로 도시 및 농업적 특성이 뚜렷하게 반영된 것으로 나타났다.

농업적 오염인자가 유역환경에 많은 영향을

미치고 있는 유형 V는 고령군 다사면, 성주군 월항면, 의성군 단북면 등으로 축산폐수와 같은 점오염원과 농경지에 발생하는 비점오염원적 요인이 유역환경에 상당한 영향을 미치고 있기 때문에, 오염물질의 낙동강 유입으로 인한 수질 악화를 철저히 예방해야 할 것으로 사료된다.

도시 및 공업적 오염인자의 영향정도가 가장 높은 유형 VI은 대구시 달서구, 서구를 비

롯한 경산시 압량면 등으로 주로 금호강 유역권에 집중적으로 분포하고 있는 것으로 나타났다. 대규모의 택지개발과 공업단지가 밀집한 대구시 달서구와 서구는 성서공단, 서대구공단 등이 낙동강 본류와 금호강이 합류되는 지점에 집중적으로 분포하고 있어 산업폐수가 직접적으로 유입되는 것을 차단할 수 있는 방안이 수립되어야 할 것이다.

TABLE 4. Classification of patterns in the Nak-dong watershed

Variables	Watershed Environment Pattern						Anova Test		
	Pattern I	Pattern II	Pattern III	Pattern IV	Pattern V	Pattern VI	F값	Prob.	
Factor I	X1	-0.3439	-0.2282	-0.0546	1.1243	0.1067	3.0452	17.706	0.000
	X2	-0.6174	-0.3056	0.0727	1.2333	0.3332	3.9168	34.517	0.000
	X3	-0.2193	-0.1930	-0.1308	0.8815	-0.0402	4.4631	26.455	0.000
	X4	-0.4603	-0.2865	0.0121	1.0841	0.2556	4.7346	41.227	0.000
	X5	-0.8757	-0.4499	0.4918	0.8882	3.0734	1.3081	50.655	0.000
Factor II	X6	-1.2360	-0.3713	0.6400	0.7725	1.7248	0.4037	29.132	0.000
	X7	-0.8491	-0.3825	0.4805	0.6793	3.4026	-0.2609	42.541	0.000
	X8	-0.5488	-0.3253	0.3043	0.7224	1.4518	2.1554	15.371	0.000
Factor III	X9	-0.8822	-0.2762	0.4704	0.5064	1.4840	0.3905	12.318	0.000
	X10	-0.0981	-0.0924	-0.0881	0.0303	-0.0627	5.4998	31.829	0.000
	X11	-0.2569	-0.2219	-0.1024	0.7384	0.1448	6.0056	62.086	0.000
	X12	-0.2031	-0.1862	-0.1031	0.5112	0.0242	6.2418	62.432	0.000
Total	14	117	53	22	5	3			

X1: 대지면적율, X2: 도로면적율, X3: 인구밀도, X4: BOD발생량, X5: 축산폐수발생량, X6: 논면적율, X7: 소사육두수, X8: 돼지사육두수, X9: 밭면적율, X10: 산업폐수발생량, X11: 공장용지면적율, X12: 수질오염배출업소수

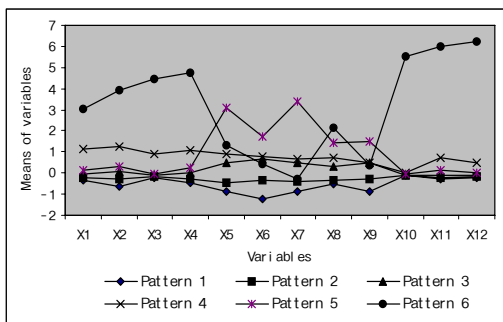


FIGURE 7. Relation between variables and patterns

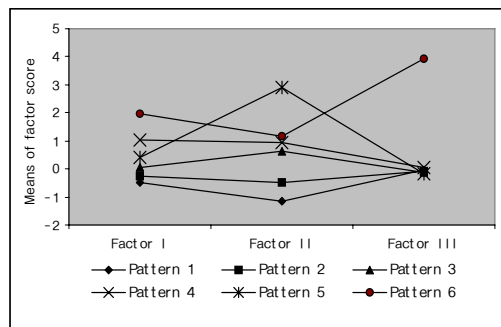


FIGURE 8. Relation between factors and patterns

결 론

본 연구는 낙동강 중·상류지역인 대구·경북권을 중심으로 지리정보시스템과 다변량 통계기법을 이용하여 유역환경 및 공간적 분포특성을 분석한 후, 이를 토대로 낙동강 유역권의 종합적인 환경관리대책을 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.

낙동강 유역권의 환경특성을 분석하기 위해서 선정된 변수들은 인자분석을 이용하여 '도시적 오염인자', '농업적 오염인자', '공업적 오염인자'로 명명된 유역환경변수로 재해석되었다. 인자분석에 의해서 추출된 인자점수를 공간자료와 연계시켜 낙동강 유역환경의 공간적 분포특성을 분석한 결과, 도시 및 농업적 오염인자는 낙동강 본류를 비롯하여 주요 지류인 금호강 유역권에 해당하는 칠곡군, 경산시, 영천시 등과 대구광역시에 집중적으로 분포하고 있으며, 공업적 오염인자의 영향 정도는 대구시 달서구와 서구, 구미시, 경산시 등에 높게 반영된 것으로 나타났다.

환경특성에 따른 6개 유형과 12개의 유역환경 변수를 비교·분석한 결과, 유형 I, II는 모든 변수값이 부(-)적인 패턴을 가지는 산지 중심의 농촌적 특성을 보이는 지역으로 규명되었는데, 특히 유역환경에 영향을 미치는 오염원의 발생이 가장 적은 것으로 분석되었다.

유형 III은 농업적 오염인자와 관련된 변수가 전반적으로 정(+)적인 패턴을 가지는 농·축산업 중심의 농촌지역으로서, 축산폐수 및 비료 및 농약사용 등으로 인한 오염원의 발생이 유역환경에 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

유형 IV는 도시 및 농촌적 공간특성이 혼재된 지역으로서, 기존 시가지의 확장과 농경위주의 산업구조에서 2·3차 산업구조로 전환될 가능성이 내재되어 있기 때문에, 향후 유역환경의 자정능력을 고려한 친환경적 공간계획이 수립되어야 할 것으로 판단된다. 유형 V는

농·축산업 중심의 공간적 특성을 내포하고 있는 유형 III과 유사한 패턴을 보이고 있으나, 유역환경에 영향을 미치는 농업적 오염인자의 발생이 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

유형 VI은 도시 및 공업적 환경특성이 혼재된 지역으로, 주로 낙동강과 금호강이 합류되는 유역권에 집중적으로 분포하고 있어, 낙동강의 수질오염의 근본적인 원인이 되는 오염물질의 유입이 발생하지 않도록 지속적인 수질 모니터링이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

이상과 같이 본 연구는 지리정보시스템을 이용하여 낙동강 유역권의 환경구조 및 공간적 분포특성을 분석하였으며, 향후 낙동강 유역권의 광역적 공간계획 수립 및 유역환경관리시스템을 구축하는데 있어서 기초적 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. **KAGIS**

참고문헌

- 경산시 외 19개 시·군. 1998. 통계연보.
- 김규열. 1996. 한국의 물, 한국인의 물의 사상, 물과 환경. 한국지하수자원보전협의회 3(10월호):3-6.
- 김형석. 1998. 낙동강 유역의 수질. 낙동강연구논총 창간호(제1권):67-68.
- 노형진. 1999. 한글 SPSSWIN에 의한 다변량 데이터의 통계분석. 도서출판 석정.
- 서인원. 1999. 낙동강 유역의 지속가능한 토지이용 방안. 대구경북포럼 20(9·10월호):17-24.
- 성현찬. 1995. 경기도의 쾌적환경평가 및 지표개발에 관한 연구. 경기개발연구원. 122-124쪽.
- 손명원. 1998. 도시하천의 생태학적 역할과 개선방안. 한국지역지리학회지 4(1):16-17.
- 심순보, 김주훈. 1998. GIS를 이용한 수자원 시스템 분석. 한국수자원학회지 31(1):40-43.
- 양홍모. 1998. 지리정보체계를 응용한 영산강 상류 수계생태계의 점오염원 관리. 대한 국토·도시계획학회지 33(2):187-203.

- 이순목. 1995. 인자분석 I. 학지사.
- 이희연. 1989. 지리통계학. 법문사.
- 윤재준, 김채승, 윤창진. 1999. 지리정보체계. 대영사.
- 전명은. 1989. 낙동강유역 농업의 지역구조에 관한 연구. 부산대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 정충영, 최이규. 1996. SPSSWIN을 이용한 통계분석. 무역경영사.
- 최지용, 신은성. 1998. 농업지역 비점오염원 관리방안 연구. 한국환경정책·평가연구원.
- 최지용, 신은성. 1997. 도시지역 비점오염원 관리방안 연구. 한국환경정책·평가연구원.
- 환경부. 1999. 낙동강 물관리종합대책 수립을 위한 정책토론회 자료. 40-43쪽.
- Christopher, J.B. 1997. Geographical information system and computer cartography. Longman.
- Environmental Protection Agency. 1996. Watershed Approach Framework. EPA 800-R-96-001. Office of Water, Washington.
- Environmental System Research Institute. 1996. Introduction to know ArcView Spatial Analyst. Redland, California.
- Reimold, R.J. 1998. Watershed Management. McGraw Hill, Inc.
- Star, J. and J. Estes. 1991. An Introduction to Geographic Information System. Prentics hall. Englewood Cliffs. **KAGIS**